



REC'D 16 APR 2004

WIPO

PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 20 JAN. 2004**DOCUMENT DE PRIORITÉ****PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

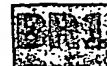
6 bis, rue de Saint Pétersbourg
5800 Paris Cedex 08
téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

INPI
N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • B / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 19 DEC. 2002 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0216265 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 19 DEC. 2002 Vos références pour ce dossier (facultatif)		NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE THIRY Pol 10, Place Ducale 08000 CHARLEVILLE - MEZIERES France	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
2 NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____ Transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____		3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Fil orthodontique à caractéristiques mécaniques élevées et à faible frottement dans les attaches.	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) <input type="checkbox"/> Personne morale <input checked="" type="checkbox"/> Personne physique Nom ou dénomination sociale THIRY Prénoms Pol, Jean-Marie, Robert Forme juridique _____ N° SIREN _____ Code APE-NAF _____ Domicile ou siège Rue 10, Place Ducale Code postal et ville 08000 CHARLEVILLE - MEZIERES Pays FRANCE Nationalité Française N° de téléphone (facultatif) 0662 65 02 58 N° de télécopie (facultatif) _____ Adresse électronique (facultatif) _____ <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2^{ème} page

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

RESEAU **Réservé à l'INPI**

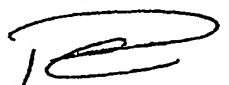
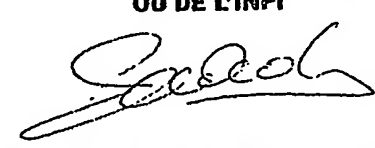
RECEVÉ DES PIÈCES
DATE 13 DEC 2003

OBJET 39

N° D'ENREGISTREMENT 0216265

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 210502

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)		
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
	Pays	
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG <input type="text"/>
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		—
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI
THIRY B1 demandeur 		

La présente invention est applicable dans le secteur médical et en particulier en orthodontie qui a pour objet la correction des anomalies de position des dents.

De façon simplifiée, nous pouvons dire que la correction de ces anomalies s'effectue le plus souvent en soumettant la ou les dents concernées à une force variable en intensité et en direction pendant une durée déterminée. Ces forces sont transmises aux dents considérées par l'intermédiaire d'un arc (fil orthodontique) et d'attaches collées sur les dents concernées.

Le fil orthodontique doit avoir des caractéristiques mécaniques élevées, il est en particulier important d'avoir :

- un domaine élastique large (plus ce domaine sera important, plus nous pourrons activer les arcs sans déformation permanente et avec des forces d'intensité les plus continues possible).
- une rigidité faible (pour dispenser des forces légères avec une section suffisante afin de contrôler le déplacement dentaire).
- une malléabilité et une résistance à la rupture suffisantes afin de plier ou de façonner le fil.
- une possibilité de soudage.
- une résistance à la corrosion satisfaisante.
- une bio-compatibilité.

Dans les techniques multi-attaches, le déplacement dentaire s'effectue par glissement de l'attache sur le fil orthodontique qui lui sert de guide. Les forces de frottement jouent un rôle dans toutes les formes de glissement.

Selon des études réalisées par des spécialistes " pour un mouvement de 0,5 mm par semaine obtenu pendant un temps court, on utilise une force de l'ordre de 75 à 100 g ; seulement quelques grammes sont utilisés pour produire un mouvement physiologique des dents. La différence est attribuée au frottement dans l'attache ".

Il est donc essentiel de comprendre et de réduire les forces de frottement entre attache et fil orthodontique pour obtenir une réponse tissulaire et des mouvements dentaires optimaux.

Toujours selon les études réalisées par les spécialistes, le déplacement dentaire le long d'un arc du à une mécanique de glissement consisterait en une succession d'inclinaisons, puis de redressements par petits incréments. Le mouvement dépend donc plus du frottement statique que du frottement cinétique .

De nombreuses études ont été réalisées en ce qui concerne les paramètres du frottement attache/fil. Elles prennent en compte les paramètres physiques des éléments utilisés et les paramètres biologiques de l'application. Sont donc pris en compte :

- les attaches (au niveau des matériaux constitutifs, des largeurs des gorges, de la forme, de l'état de surface).
- les ligatures, qui maintiennent l'arc dans la gorge de l'attache (au niveau des matériaux, des formes, de l'état de surface et des forces de serrage).
- des fils (au niveau des matériaux, de la taille, de la forme de la section, de la rigidité).

- les rapports tridimensionnels entre fil et attache (angulation, torque, point d'application de force).

-les paramètres biologiques (salive, plaque dentaire).

5 Les résultats de ces études ont été prises en compte dans l'éventail des solutions (attaches, fil orthodontique, ligatures) mis à la disposition des praticiens.

Toutefois, en ce qui concerne les fils orthodontiques, il n'existe pas, à ce jour, de solution idéale associant des performances mécaniques élevées et un très faible coefficient de frottement. Le but de notre invention est de combler cette lacune.

État de la technique :

10 Indépendamment de la section ronde, rectangulaire et, de la surface plus ou moins importante de celle-ci, des caractéristiques mono ou multi brins, quatre grands types de fils, de matériau différent sont actuellement commercialisés et utilisés en orthodontie.

Nous allons ci-après décrire rapidement leurs propriétés en nous attachant particulièrement à celui servant de base à notre invention.

15 Les fils en acier inoxydables :

Les nuances de ces aciers austénitiques et les traitements thermiques utilisés sont variables mais, en résumé, disons qu'ils sont tous caractérisés par :

a)- une résistance à la rupture et une contrainte à la limite élastique élevées.

b)- un module d'élasticité élevé.

20 c)- un faible coefficient de frottement sur les attaches.

Les propriétés a) et b) sont des facteurs peu intéressants en orthodontie ; par contre, ce type de fil est considéré comme une référence en terme de frottement.

Propriétés mécanique relevées sur échantillons (moyennes) :

- Limite élastique en flexion : $Y_s = 1,257 \text{ GPa}$

25 - Limite élastique en traction : $Y_s = 1,53 \text{ GPa}$

- Module d'élasticité en flexion : $E = 171 \text{ GPa}$

- Module d'élasticité en traction : $E = 178 \text{ GPa}$

Les fils en alliage nickel-titane :

30 Le nickel stabilise la phase β du titane. Cette phase peut se transformer en martensite sous l'effet de contraintes mécaniques ou thermiques.

Avec une composition de 52% de nickel, 45% de titane et 3% de cobalt cet alliage donne lieu, après écrouissage, à des propriétés caoutchoutiques. Son module d'élasticité est très faible, sa courbe de traction est très différente d'un alliage classique (l'arc se déforme élastiquement ou se casse) ; de ce fait les types de courbure possibles sont limités et cet alliage est uniquement commercialisé sous forme d'arcs pré-formés.

35 La faible malléabilité, la résistance à la corrosion plus faible que l'acier, la difficulté de soudure, le frottement relativement élevé de cet alliage limitent son emploi en orthodontie.

Les fils en alliage titane-molybdène :

Ces fils sont utilisés plus récemment en orthodontie et ont fait évoluer de façon favorable les traitements en terme de résultats, de rapidité et d'efficacité tissulaire. Ils sont commercialisés et couramment appelés « beta-titane ».

5 Le titane-molybdène a été introduit dans le monde orthodontique par Burstone pour la société Ormco, après une mise au point par le métallurgiste Goldberg de l'Institute of Materials Science du Connecticut en 1979. Sa composition est la suivante :

- 77,8 % de titane ;
- 11,3 % de molybdène ;
- 10 - 6,6 % de zirconium ;
- 4,3 % d'étain.

Le titane est utilisé en métallurgie depuis 1952 et c'est en 1960 qu'une forme particulière d'alliage du titane haute température a été mise au point. En effet, le titane peut cristalliser suivant deux systèmes :

- 15 - le système hexagonal compact (phase α) ;
- le système cubique centré (phase β).

La transformation de la phase α stable à froid en phase β stable à chaud s'effectue vers 885°C. A température ambiante, le titane a donc une structure hexagonale compacte. Depuis 1960 donc, les métallurgistes savent stabiliser la structure cubique centrée (phase β) à la température ambiante grâce à l'addition de molybdène. Cela permet d'obtenir une limite élastique compatible avec une utilisation orthodontique ; c'est le titane-molybdène.

- 20 Propriétés mécaniques du titane-molybdène (livresques et relevées sur échantillons) :
- Limite élastique en flexion : $Y_s = 0,72 \text{ à } 1,17 \text{ GPa}$ (1,359 GPa moyenne relevée)
 - Limite élastique en traction : $Y_s = 0,45 \text{ à } 1,38 \text{ GPa}$ (0,90 GPa moyenne relevée)
 - 25 - Module d'élasticité en flexion : $E = 72 \text{ GPa}$ (72 GPa moyenne relevée)
 - Module d'élasticité en traction : $E = 64,8 \text{ GPa}$ (63 GPa moyenne relevée)

Le module de Young pour le titane-molybdène est la moitié de celui des aciers, mais la limite élastique est approximativement identique .

Avantages du titane-molybdène :

- 30 Les intensités des forces développées sont inférieures à celles développées par l'acier. Le titane-molybdène permet une déformation élastique de plus grande amplitude ; de ce fait, la force restituée par le fil reste plus faible, plus constante et travaille plus longtemps. Le champ de travail du titane-molybdène est 1,6 fois celui de l'acier. Par rapport à l'acier, les arcs en titane-molybdène peuvent être courbés sur une distance deux fois plus grande que l'acier, sans
- 35 déformation permanente : ceci permet un plus grand champ d'action, soit dans l'alignement initial, soit dans les arcs de finition . Cela se traduit par une déformation élastique de grande amplitude, tout en développant des forces modérées et plus durables.

Du fait de sa faible rigidité (coefficient de rigidité de 0,42 par rapport à l'acier), on peut l'utiliser dans des sections importantes, à un stade beaucoup plus précoce du traitement ; ceci permet un remplissage plus important de la gorge de l'attache, et donc un meilleur contrôle tridimensionnel de la dent portant l'attache.

5 Le titane-molybdène peut être soudé à lui même, par soudure électrique, sans apport de métal. D'autre part, il présente une bonne résistance à la corrosion et il est bio-compatible.

" Le fil beta-titane possède un équilibre unique de rigidité faible, de flexion maximale élevée, de malléabilité certaine avec une faible rigidité, le rendant particulièrement fiable dans un grand nombre de modalités de traitement ".

10 Inconvénients du titane-molybdène :

Son plus gros défaut réside dans le fait qu'il génère des forces de frottement plus élevées que l'acier inoxydable, ce qui est un frein au déplacement dentaire dans les mécaniques de glissement, par exemple lors de rétractions canines ou de fermetures d'espace.

Les fils en alliage titane-molybdène à faible frottement :

15 Pour pallier à l'inconvénient cité au paragraphe ci-dessus, des fils couramment appelés " beta-titane low friction " sont actuellement commercialisés : il s'agit de fils de même composition interne que les fils titane-molybdène précédemment cités mais ayant reçu un traitement de surface permettant de diminuer le coefficient de frottement du fil sur les attaches .
Nos essais ont montré que les caractéristiques intéressantes du matériau de base sont bien
20 conservées... mais que l'évolution n'est pas très significative en ce qui concerne l'amélioration du coefficient de frottement sur les attaches.

Nature et descriptif de l'invention :

Le but de notre invention concerne l'obtention de fils orthodontiques de caractéristiques mécaniques élevées et ayant un très faible coefficient de frottement sur les attaches utilisées.

25 Pour obtenir un fil ayant de telles caractéristiques, nous avons utilisé comme matériau de base l'alliage de titane molybdène (précédemment cité et défini) et lui avons fait subir un traitement d'implantation ionique en surface ne dégradant pas ses propriétés mécaniques mais améliorant considérablement son coefficient de frottement .

30 Le traitement de surface correspond à une implantation ionique d'ions N^+ et N^{++} . Il permet d'obtenir en surface et sur une profondeur de quelques microns des nitrures de titane (TiN et Ti_2N). Cette implantation est réalisée en absence d'oxygène et donc évite la création d'oxydes de titane qui dégraderaient le frottement et limiteraient la nitruration.

35 Ce traitement de surface est effectué dans une enceinte à vide poussé dans laquelle est tout d'abord réalisé une phase de dépasseivation et montée en température par plasma froid non réactif (introduction de gaz argon) ceci pendant environ 45 minutes, puis une phase de nitruration obtenue toujours par plasma froid avec introduction d'un mélange argon-azote ceci pendant environ 200 minutes. Il est effectué en ne dépassant pas une

température pièce de 450°C.

La proportion argon-azote dans cette phase de nitruration doit être adaptée à chaque enceinte mais doit être telle qu'il y ait assez d'azote pour qu'il soit implanté et assez d'argon pour dissocier l'azote.

5 Ce traitement de surface se termine par une phase de refroidissement lent.

Ce traitement permet :

- de conserver pratiquement les caractéristiques mécaniques de l'alliage de titane utilisé (considérées comme les meilleures dans l'état actuel de la technique en orthodontie).

Valeurs mesurées des caractéristiques mécaniques des fils après traitement :

10 -Limite élastique en flexion : 1,381 Gpa.

-Limite élastique en flexion : 0,999 Gpa

-Module d'élasticité en flexion : 88 Gpa

-Module d'élasticité en traction : 73 Gpa

15 - d'améliorer sensiblement le frottement sur les attaches pour être pratiquement équivalent (ou meilleur) à celui de l'acier inoxydable caractérisé par tous les utilisateurs comme la référence en ce domaine.

Nota :

Pour caractériser et comparer l'importance du frottement dans les applications considérées, les assemblages fil, attache sont testés par un procédé avec mouvement alternatif :

20 Une attache est collée sur un pivot métallique. Le fil, appliqué sur cette attache est maintenu par une ligature élastométrique ; l'ensemble est lubrifié par de la salive artificielle. La machine de test assure la traction du fil de façon alternative avec une course fixe de 5 mm. Ce mouvement alternatif est répété plus de 100 fois par essai.

25 L'amplitude moyenne des efforts mesurés, par la machine de test, à chaque mouvement, caractérise, de façon comparative, l'importance du frottement statique fil/attache.

Valeurs comparatives mesurées, selon les différents types de fils testés : :

-Acier inoxydable : 6,49

-Alliage titane- molybdène : 15,81

-Alliage titane-molybdène " low friction " : 11,60

30 -Alliage titane -molybdène nitruré (selon invention) : 2,90

Utilisation principale de l'invention :

L'amélioration importante des coefficients de frottement statique et dynamique du fil en titane-molybdène, avec une conservation de ses propriétés mécaniques qui faisaient tout l'attrait de ce fil, doit amener une extension de son emploi en orthodontie.

Revendications :

1) Fil orthodontique ayant des propriétés mécaniques de base pratiquement identiques aux fils en alliage de titane-molybdène couramment employés et appelés "beta-titane" dans la profession mais caractérisé par un très faible frottement, similaire à celui des fils en acier inoxydable, sur les attaches utilisées.

5 2) Fil orthodontique avec structure de base en alliage titane-molybdène caractérisé par un très faible frottement sur les attaches du à la présence de nitrures de titane TiN , Ti_2N et à l'absence d'oxyde de titane dans sa couche extérieure superficielle.

3) Fil orthodontique selon revendication 2 caractérisé par le fait que les nitrures ont été obtenu par un traitement de surface réalisé dans une enceinte sous vide et à faible température pièce (environ 450°C au maximum).

10 4) Fil orthodontique selon la revendication 3 dont le traitement de surface est caractérisé par au moins deux phases consécutives de traitement.

5) Fil orthodontique selon la revendication 4 dont deux des phases consécutives de traitement sont caractérisées par le fait que la première phase consiste en une dépassivation par plasma froid non réactif avec introduction de gaz inerte et que la deuxième phase consiste en une phase de nitruration par plasma froid avec introduction d'un mélange gaz inerte, azote.

15 6) Fil orthodontique selon la revendication 2-6 caractérisé par le fait que l'argon soit employé comme gaz inerte pendant le traitement..

Revendications :

- 5 1) Fil orthodontique réalisé en un matériau associant des performances mécaniques élevées et un très faible coefficient de frottement sur les attaches collées sur les dents concernées par le traitement d'orthodontie, caractérisé en ce que sa structure de base est en un alliage titane-molybdène qui comprend, dans sa couche extérieure superficielle, des nitrures de titane TiN , Ti_2N , sans oxyde de titane.
- 2) Procédé d'obtention d'un fil orthodontique selon revendication 1 caractérisé par le fait que les nitrures ont été obtenus par un traitement de surface réalisé dans une enceinte sous vide et à faible température (environ $450^{\circ}C$ au maximum).
- 10 3) Procédé selon la revendication 2 dont le traitement de surface est caractérisé par au moins deux phases consécutives de traitement.
- 4) Procédé selon la revendication 3 dont les deux phases consécutives de traitement sont caractérisées par le fait que la première phase consiste en une dépassivation par plasma froid non réactif avec introduction de gaz inerte et que la deuxième phase consiste en une phase de nitruration par plasma froid avec introduction d'un mélange gaz inerte/azote.
- 15 5) Procédé selon l'une des revendications 2 à 4 caractérisé par le fait que l'argon est employé comme gaz inerte pendant le traitement.

PCT/FR2003/050183

